

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-149628

(43)Date of publication of application : 02.06.1999

(51)Int.Cl.

G11B 5/66

(21)Application number : 09-315654

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 17.11.1997

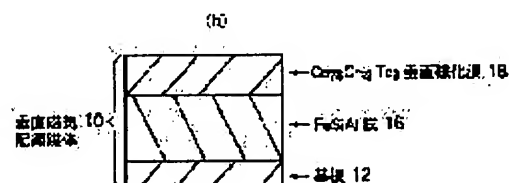
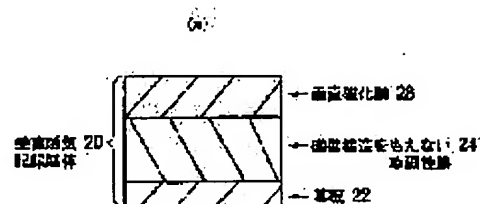
(72)Inventor : NORIHASHI HIROTA
TSUBOI SHINZO
TAGAMI MASAMICHI

(54) PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a perpendicular magnetic recording medium which has an excellent envelope characteristic at the time of recording and reproducing and does not give rise to the contingent noise, demagnetizing or degaussing of recording magnetization occurring in the movement of the magnetic walls of a ground surface soft magnetic film.

SOLUTION: This perpendicular magnetic recording medium 20 has a substrate 22, the ground surface soft magnetic film 24 formed on this substrate and a perpendicularly magnetized film 28 formed on this ground surface soft magnetic film. The ground surface soft magnetic film is composed as a non-magnetic wall structure and the coercive force thereof is ≤ 300 Oe. Since the ground surface soft magnetic film does not have the magnetic wall structure, the various problems which occur when the ground surface soft magnetic film has the magnetic wall structure, i.e., the contingent noise generated when the perpendicular magnetic head passes above the magnetic walls of the ground surface soft magnetic film, the easy movement of the magnetic walls of the ground surface soft magnetic film by a floating magnetic field and the demagnetizing or degaussing of the recording magnetization are solved. The envelope characteristic is thus improved and low noise is attained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.11.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 07.03.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3099790

[Date of registration] 18.08.2000

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-149628

(43)公開日 平成11年(1999) 6月2日

(51)Int.Cl.⁶

G 1 1 B 5/66

識別記号

F I

G 1 1 B 5/66

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平9-315654

(22)出願日 平成9年(1997)11月17日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 法橋 宏高

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 坪井 良三

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 田上 勝通

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

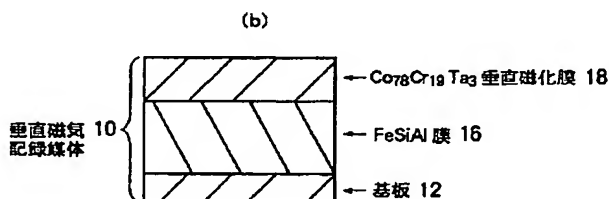
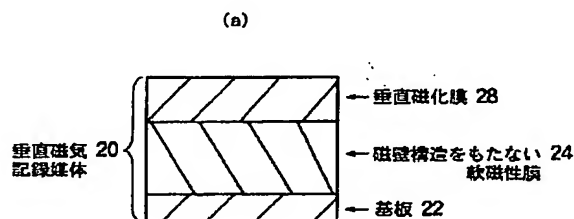
(74)代理人 弁理士 稲垣 清

(54)【発明の名称】 垂直磁気記録媒体

(57)【要約】

【課題】 記録再生時の優れたエンベロップ特性を有し、かつ下地軟磁性膜の磁壁の移動に由来する突発性の雑音や記録磁化の減磁又は消磁現象が発生しない垂直磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 本垂直磁気記録媒体20は、基板22と、基板上に設けられた下地軟磁性膜24と、下地軟磁性膜上に設けられた垂直磁化膜28とを有する。下地軟磁性膜が、非磁壁構造として構成され、その保磁力が3000e以下である。本発明では、下地軟磁性膜が磁壁構造を有しないので、下地軟磁性膜が磁壁構造をとるときに発生する諸問題、即ち下地軟磁性膜の磁壁の上方を垂直磁気ヘッドが通過したときに発生する突発性の雑音、浮遊磁界によって下地軟磁性膜の磁壁が容易に移動し、記録磁化を減磁あるいは消磁してしまうという問題を解決することができ、エンベロップ特性の良好な低ノイズの垂直磁気記録媒体を実現できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、基板上に設けられた軟磁性膜と、軟磁性膜上に設けられた垂直磁化膜とを少なくとも有する垂直磁気記録媒体において、軟磁性膜が、非磁壁構造として形成され、その保磁力が3000e以下であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項2】 軟磁性膜が、FeSiAl又はFeSiAl系合金で形成されていることを特徴とする請求項1に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項3】 軟磁性膜が、FeTa₂N又はFeTa₂N系合金で形成されていることを特徴とする請求項1に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項4】 軟磁性膜が、グラニュー層薄膜として形成されていることを特徴とする請求項1に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項5】 SiO₂、又はCをグラニュー層薄膜の母材とし、Co、CoPt及びCoCrPtのいずれかを母材中に分散させる粒子の材料とし、かつ母材を列、及び母在中に分散させる粒子の材料を行として構成した行列の行列要素のいずれかにより、グラニュー層薄膜が形成されていることを特徴とする請求項4に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項6】 膜厚100nm以下の接合層が、軟磁性膜と垂直磁化膜の間に介在していることを特徴とする請求項1から5のうちのいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項7】 接合層がCo_{1-x}Cr_x (0.25 ≤ x ≤ 0.60)、Ti及びCrTiのいずれかで形成されていることを特徴とする請求項6に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項8】 膜厚500nm以下のCr膜、V膜、及びCu膜のいずれかが、グラニュー層薄膜と基板の間に介在することを特徴とする請求項4から7のうちのいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項9】 グラニュー層薄膜が非磁壁構造であることを特徴とする請求項4から8のうちのいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気ディスク等として用いられる垂直磁気記録媒体に関し、更に詳細には、記録再生特性の良好な垂直磁気記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、パーソナルコンピュータやワークステーションの進歩に伴い、ハードディスクドライブが大容量化及び小型化しているので、磁気ディスクは、更なる高面記録密度化を必要としている。しかし、現在、広く普及している長手記録方式により高面記録密度を

現しようとする、記録ビットの微細化に伴う記録磁化の熱揺らぎの問題や、記録ヘッドの記録能力を超えかねない高保磁力化の問題が発生する。そこで、これらの問題を解決しつつ、面記録密度を大幅に増大する手段として、垂直磁気記録方式が検討されていて、これを実現する垂直磁気記録媒体の一つとして、高透磁率の軟磁性膜と高い垂直異方性の垂直磁化膜からなる垂直2層媒体が提案されている。

【0003】 以下に、図51を参照して、従来の垂直2層媒体の構成を説明する。図51は、従来の垂直磁気記録媒体の模式的基板断面図である。従来の垂直磁気記録媒体50は、図51に示すように、軟磁性裏打ち層52と垂直磁化膜54とを、順次、基板56上に形成してなるものである。例えば、軟磁性裏打ち層52にはNiFe膜、及び垂直磁化膜54にはCoCr系合金がそれぞれ用いられている（日本応用磁気学会誌、Vol.8, No.1, 1984, p17）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、図51に示したような従来の垂直磁気記録媒体には、以下に説明するような問題があった。第一の問題は、下地軟磁性膜52がブロッホライン磁壁、とネール磁壁とに大別される磁壁（磁区）構造になっているために、垂直磁気記録媒体の記録再生の際に突発性の雑音（スパイクノイズ）が発生し、エンベロープ特性を劣化させて再生の忠実度を阻害することである。このような突発性の雑音は、下地軟磁性膜52に生じている磁壁の上方をヘッドが通過したときに発生する。第二の問題は、外部浮遊磁界による記録磁化の不安定性である。下地軟磁性膜52が磁壁構造になっているので、下地軟磁性層52内の磁壁が外部浮遊磁界により容易に移動する。そのような磁壁の移動が垂直磁気ヘッドの主磁極に対応する下地軟磁性層52内の領域で起こると、垂直記録層として機能する垂直磁化膜54に記録された磁化の減磁、あるいは消磁現象が発生する。このような外部からの浮遊磁界は、磁気ディスクと近接した位置に配置された磁気ディスクドライブ内のディスク回転用のモーターや、ヘッド位置決め用に用いられるモーターなどから発生する。これらの磁界は、極めて微弱であるものの、垂直磁気ヘッドの主磁極先端に集中すると、下地軟磁性膜の磁壁移動を誘発し、記録磁化を減磁あるいは消磁してしまうことがあるので、情報記憶装置としては致命的な欠陥となる。

【0005】 そこで、本発明の目的は、記録再生時のエンベロープ特性が優れ、かつ下地軟磁性膜の磁壁の移動に由来する、突発性の雑音、及び記録磁化の減磁又は消磁現象が生じないような、新規な構成の垂直磁気記録媒体を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明に係る垂直磁気記録媒体は、基板と、基板上

に設けられた軟磁性膜と、軟磁性膜上に設けられた垂直磁化膜とを少なくとも有する垂直磁気記録媒体において、軟磁性膜が、非磁壁構造として形成され、その保磁力が3000e以下であることを特徴としている。本発明で、非磁壁構造の軟磁性膜とは、磁壁構造をもたない軟磁性膜を意味する。

【0007】非磁壁構造の軟磁性膜を成膜するには、FeSiAl又はFeSiAl系合金で軟磁性膜を成膜する。また、FeTaN又はFeTaN系合金で軟磁性膜を成膜しても良い。更には、グラニュー層薄膜の軟磁性膜を成膜しても良い。その際には、SiO₂、又はCをグラニュー層薄膜の母材とし、Co、CoPt及びCoCrPtのいずれかを母材中に分散させる粒子の材料とし、かつ母材を列、母在中に分散させる粒子の材料を行として構成した行列の行列要素のいずれかでグラニュー層薄膜が形成されている。

【0008】グラニュー層薄膜は、母材中に他の物質を分散させているために、一般的には、表面平滑性があまり優れない。そこで、本発明の垂直磁気記録媒体では、好ましくは、軟磁性膜と垂直磁化膜の間に膜厚100nm以下の接合層を介在させる。これにより、軟磁性膜の表面平滑性の向上及び垂直磁化膜の垂直配向性の向上を同時に達成することができ、また、垂直磁化膜の磁気特性の角形比が改善され、低媒体ノイズ化を図ることができ、記録再生特性の良好な媒体とすることができる。その際には、Co_{1-x}Cr_x (0.25 ≤ x ≤ 0.60)、Ti及びCrTiのいずれかで接合層を形成するのが望ましい。

【0009】グラニュー層薄膜を軟磁性膜とする垂直磁気記録媒体では、好適には、膜厚500nm以下のCr膜、V膜、及びCu膜のいずれかをグラニュー層薄膜と基板の間に介在させる。これにより、Cr膜、V膜、又はCu膜を挿入しない場合に比べて、母材中に分散させた粒子の独立化を促進させることができるので、保磁力が増大して、再生出力の記録密度依存性の向上を図ることができ、記録再生特性の良好な媒体とすることが可能である。また、好適には、グラニュー層薄膜を非磁壁構造とする。

【0010】磁壁構造は、ブロッホライン磁壁、とネール磁壁とに大別されているが、本発明に係る垂直磁気記録媒体は、軟磁性膜の成膜材料を特定することにより、そのような磁壁構造を有しない軟磁性膜を垂直磁化膜の下に備えている。従って、磁壁構造を有する軟磁性膜を用いた従来の垂直磁気記録媒体に発生していたような諸問題、即ち垂直磁気ヘッドが軟磁性膜に生じている磁壁の上方を通過したときに発生する突発性の雑音（スパイクノイズ）、或いはディスク回転用モーターやヘッド位置決め用モーターなどから発生する浮遊磁界によって軟磁性膜の磁壁が移動し、記録磁化を減磁あるいは消磁してしまうという問題を根本的に解決することができ、エ

ンベローブ特性の良好な低ノイズの媒体を実現できる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に、実施形態例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。

実施形態例

本実施形態例は、本発明に係る垂直磁気記録媒体の実施形態の一つの例であって、図1(a)は本実施形態例の垂直磁気記録媒体の構成を示す模式的基板断面図である。

本実施形態例の垂直磁気記録媒体20は、図1(a)に示すように、基板22と、基板22上に、順次、形成された、非磁壁構造の下地軟磁性膜24、即ち磁壁構造を有しない下地軟磁性膜24と、垂直磁化膜28とかなる積層構造を備えている。FeSiAl膜又はFeSiAl系合金膜、FeTaN膜又はFeTaN系合金膜、更には、母材としてSiO₂、又はCを、その母材中に分散させる粒子の材料としてCo、CoPt、又はCoCrPtを採用し、母材を列、母在中に分散させる粒子の材料を行とした行列の行列要素のいずれかで形成したグラニュー層薄膜を用いることにより、磁壁構造を有しない下地軟磁性膜を形成することができる。

【0012】以上の構成により、本発明に係る垂直磁気記録媒体20は、下地軟磁性膜が磁壁構造をとるときに発生する前述した諸問題を根本的に解決することができる。

【0013】

【実施例】以下に、実施例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。

実施例1

本実施例は、本発明に係る垂直磁気記録媒体の実施例の一つである。図1(b)は本実施形態例の垂直磁気記録媒体の構成を示す基板断面図である。本実施例の垂直磁気記録媒体10は、2.5インチの基板12と、基板12上に形成された膜厚500nmのFeSiAl膜からなる下地軟磁性膜16と、下地軟磁性膜16上に形成されたCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜(at%)からなる垂直磁化膜18と、C保護膜(図示せず)とを有する積層構造として形成されている。

【0014】以下に、本実施例の垂直磁気記録媒体10を作製する方法を説明する。まず、6インチのFeSiAlターゲットを用いて、スパッタ法により以下の成膜条件で2.5インチの基板12上に膜厚500nmのFeSiAl膜からなる下地軟磁性膜16を成膜した。

成膜条件

チャンバの初期真空度	: 5 × 10 ⁻⁷ mTorr以下
基板温度	: 600℃
投入電力	: 0.5kw
アルゴンガス圧	: 4mTorr
成膜速度	: 3nm/sec

【0015】次いで、FeSiAl膜からなる下地軟磁

性膜 16 上に、 $\text{Co}_{78}\text{Cr}_{19}\text{Ta}_3$ (at%) ターゲットを用いて基板温度 200°C で膜厚 100nm の $\text{Co}_{78}\text{Cr}_{19}\text{Ta}_3$ 膜からなる垂直磁化膜 18 を成膜した。更に、 $\text{Co}_{78}\text{Cr}_{19}\text{Ta}_3$ 膜 18 の上に膜厚 10nm の C 保護膜を成膜し、得た垂直磁気記録媒体を本発明媒体 A2 とした。また、保磁力の比較用に基板温度を室温にして成膜した FeSiAl 膜も作製した。

【0016】一方、本発明媒体 A2 とは別に、 FeSiAl 膜の代わりに、 NiFe ターゲットを用いて、実施例 1 と同様にして、 NiFe 膜からなる下地軟磁性膜、及び $\text{Co}_{78}\text{Cr}_{19}\text{Ta}_3$ (at%) 膜を成膜した媒体を従来媒体 A1 とした。

【0017】本発明に係る垂直磁気記録媒体 A2 を評価するために、以下のようにして、磁壁構造の観察、保磁力の測定、記録再生特性の測定等を行った。実施例 2 以下の実施例にも同じ評価方法を適用した。本発明媒体 A2 の FeSiAl 膜 16 の磁壁構造を調べるために、以下のようにして、粉末図形法により磁壁構造を観察した。先ず、基板温度 600°C で成膜した FeSiAl 膜の表面に微少な傷をつけ、磁壁構造を見え易くした後、ビッター液 (磁性コロイド) をその上に塗布した。そして、その試料を磁壁観察用電磁石にセットし、金属顕微鏡で磁壁構造を観察したが、明瞭な磁壁構造は観察されなかった。次に、磁場を徐々に試料に印加しながら観察したところ、変化は見られなかった。これは、基板温度を室温にして成膜した FeSiAl 膜についても同様であった。次いで、同様にして、従来媒体 A1 の NiFe 膜を観察したところ、明瞭な磁壁構造が観察された。そして、試料に徐々に磁場を印加しながら観察したところ、磁壁の移動の様子が明瞭に観察された。以上のことは、 NiFe 膜の磁化過程は磁壁移動による磁化過程であるのに対し、 FeSiAl 膜の磁化過程は磁壁移動によらないことを示している。

【0018】次に、 FeSiAl 膜及び NiFe 膜の保磁力を調べるために、試料振動型磁力計 (VSM) を用いて保磁力の測定を行った。その結果、基板温度 600°C で成膜した FeSiAl 膜及び NiFe 膜の保磁力はそれぞれ 0.10e 、基板温度を室温にして成膜した FeSiAl 膜の保磁力は 3000e であった。

【0019】単磁極ヘッド及び ID/MR 複合ヘッドを用いて、本発明媒体 A2 及び従来媒体 A1 について記録再生の評価試験を行った。ここで、ID/MR 複合ヘッド記録トラック幅は $4\mu\text{m}$ 、再生トラック幅は $3\mu\text{m}$ 、記録ギャップ長は $0.4\mu\text{m}$ 、再生ギャップ長は $0.32\mu\text{m}$ であった。また、単磁極ヘッドのトラック幅は $10\mu\text{m}$ 、主磁極膜厚は $0.4\mu\text{m}$ であった。評価試験は、記録電流 10mAop 、センス電流 12mA 、周速度 12.7m/sec 、浮上量 45nm 、及びノイズのバンド領域 45MHz の条件下で行った。なお、実験は単磁極ヘッドによって記録した信号を MR ヘッドで読み出す場合

と、ID ヘッドで記録した信号を MR ヘッドで読み出す場合の両方について行った。図 2 は、本発明媒体 A2 及び従来媒体 A1 エンベロープ特性を示す。図 2 に示すように、本発明媒体 A2 は、従来媒体 A1 に比較して、遥かにエンベロープがきれいであり、エンベロープ特性が非常に優れていることが分かる。この評価試験は単磁極ヘッドによって記録した信号を MR ヘッドで読み出すことによって行ったが、ID ヘッドで記録した信号を MR ヘッドで読み出す評価試験も行ったところ、同様なエンベロープ特性の違いが見られた。

【0020】このことは、従来媒体 A1 の下地軟磁性膜 NiFe は磁壁構造をとるため、磁壁の移動にともなう突発性の雑音が見られるのに対し、本発明媒体 A2 の下地軟磁性膜 FeSiAl は磁壁構造をとらないため、突発性の雑音の発生を根本的に解決できていることを示している。また、 FeSiAl 膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の結果も同様なものになる。何故ならば、元来、磁性体は保磁力が大きければ磁壁構造は出来難いからであり、この場合、室温で成膜した FeSiAl 膜の保磁力は、基板温度 600°C で成膜した FeSiAl 膜の保磁力よりも遥かに大きく、磁壁構造が一層出来難い状態にあるからである。

【0021】次に、本発明媒体 A2 及び従来媒体 A1 について、次のようにして、外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性を評価した。単磁極ヘッドにより信号を本発明媒体 A2 及び従来媒体 A1 に記録した後、ヘルムホルツコイルによって媒体に直流磁場を大きさ $0.1\sim 5000\text{e}$ の範囲で印加し、磁場印加前の再生出力と磁場印加後の再生出力の比較を行い、その結果を図 3 に示した。図 3 は、磁場印加前の再生出力に対する磁場印加後の再生出力を百分率で示している。図 3 から分かるように、従来媒体 A1 は、下地軟磁性膜の保磁力に相当する 0.10e を印加した段階で記録磁化の減磁に伴う再生出力の低下が見られ、印加磁場を大きくするのに伴って減磁量が増加するのに対し、本発明媒体 A2 は 5000e の磁場を印加しても減磁は見られず、外部浮遊磁界に対する記録信号の安定性は、本発明媒体 A2 の方が遥かに優れていることが分かった。また、ID ヘッドで記録した信号を MR ヘッドで読み出す方法によって、同様の実験を行ったところ、全く同様な傾向が見られた。この結果を図 4 に示す。この場合も、図 2 のところで述べたような理由によって、 FeSiAl 膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性の結果は同様なものになる。しかし、室温で成膜した FeSiAl 膜は保磁力が 3000e と大きいため、矩形波状の再生波形に歪みが生じる。垂直 2 層媒体の下地軟磁性層として機能し、矩形状の再生波形を得るためには、下地軟磁性膜 FeSiAl の保磁力は 1000e 以下であることが望ましい。

【0022】次に、記録磁化の経時変化を調べるため

に、本発明媒体 A 2 及び従来媒体 A 1 に信号を単磁極ヘッドにより記録した後、単磁極ヘッドを媒体上にロードさせたままで再生出力を測定した。記録直後の再生出力を $t = 1$ 秒とし、 $t = 1 \times 10^4$ 秒まで測定した。そして、 $t = 1$ 秒の時の再生出力と一定時間経過後の再生出力の比較を行い、その結果を図 5 に示した。図 5 は、 $t = 1$ 秒の時の再生出力に対する一定時間経過後の再生出力を百分率で示している。図 5 から分かるように、従来媒体 A 1 は、信号記録後の経過時間の対数にほぼ比例して再生出力が低下するのに対し、本発明媒体 A 2 では、このような再生出力の低下は全く見られなかった。このことは、NiFe の磁壁が地磁気やディスク回転用モーターなどの微小な磁場によっても容易に移動し、それが垂直磁気ヘッドの主磁極と対応する領域で起こったために記録磁化の減磁が見られたと考えられる。一方、本発明媒体 A 2 に用いている FeSiAl 膜は磁壁構造をとらないために、このような磁壁移動による減磁の問題を根本的に解決することができたと考えられる。また、この場合も、図 2 のところで述べたような理由によって、FeSiAl 膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の記録磁化の経時変化の結果は同様なものになる。

【0023】以上のことから、本発明媒体 A 2 を用いることによって記録再生時のエンベロープ特性の向上並びに下地軟磁性膜の磁壁の移動に由来する突発性の雑音や記録磁化の減磁あるいは消磁の防止を実現でき、高記録密度の実現が容易となる。

【0024】実施例 2

FeSiAlRuTi 膜ターゲットを用いて、下地軟磁性膜として FeSiAlRuTi 膜を基板上に成膜したことを除いて、実施例 1 の本発明媒体 A 2 と同様にし、垂直磁気記録媒体を作製し、本発明媒体 B 2 とした。また、保磁力の比較のために、基板温度を室温にして成膜した FeSiAlRuTi 膜も作製した。

【0025】本発明媒体 B 2 の FeSiAlRuTi 膜を観察したところ、明瞭な磁壁構造は観察されなかったし、試料に徐々に磁場を印加しながら観察しても、変化は見られなかった。これは、基板温度を室温にして成膜した FeSiAlRuTi 膜についても同様であった。

以上のことは、本発明媒体 B 2 の FeSiAlRuTi 膜の磁化過程は磁壁移動によらないことを示している。

【0026】次に、本発明媒体 B 2 の FeSiAlRuTi 膜の保磁力を調べたところ、保磁力は 0.1 Oe であった。また、基板温度を室温にして成膜した FeSiAlRuTi 膜の保磁力は 3000 Oe であった。

【0027】本発明媒体 B 2 について記録再生特性の評価試験を行い、従来媒体 A 1 と比較したところ、実施例 1 の本発明媒体 A 2 と同様に、本発明媒体 B 2 は、従来媒体 A 1 に比較して遥かにエンベロープがきれいであり、エンベロープ特性が非常に優れていることが分かった。この評価試験は、単磁極ヘッドによって記録した信

号を MR ヘッドで読み出すことによって行ったが、ID ヘッドで記録した信号を MR ヘッドで読み出す実験も行ったところ、同様なエンベロープ特性の違いが見られた。

【0028】このことは、本発明媒体 B 2 の下地軟磁性膜 FeSiAlRuTi は磁壁構造をとらないため、突発性の雑音の発生を根本的に解決できていることを示している。また、実施例 1 のところで述べたような理由によって、FeSiAlRuTi 膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の結果も同様なものになる。

【0029】次に、本発明媒体 B 2 の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性を測定し、従来媒体 A 1 と対比して、図 6 に示した。図 6 は、磁場印加前の再生出力に対する磁場印加後の再生出力を百分率で示してある。図 6 から分かるように、再生出力が低下する従来媒体 A 1 に対して、本発明媒体 B 2 は 5000 Oe の磁場を印加しても減磁は見られず、外部浮遊磁界に対する記録信号の安定性は、本発明媒体 B 2 の方が遥かに優れていることが分かった。同様の実験を ID ヘッドで記録した信号を MR ヘッドで読み出す方法によっても行ったところ、全く同様な傾向が見られた。この結果を図 7 に示す。また、実施例 1 のところで述べたような理由によって、FeSiAlRuTi 膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性の結果は同様なものになる。

【0030】次に、記録磁化の経時変化を測定し、従来媒体 A 1 と対比して、図 8 に示した。図 8 は、 $t = 1$ 秒の時の再生出力に対する一定時間経過後の再生出力を百分率で示している。図 8 から分かるように、再生出力が低下する従来媒体 A 1 に対して、本発明媒体 B 2 では、このような再生出力の低下は全く見られなかった。このことは、本発明媒体 B 2 に用いている FeSiAlRuTi 膜は磁壁構造をとらないために、このような磁壁移動による減磁の問題を根本的に解決することができたと考えられる。また、実施例 1 のところで述べたような理由によって、FeSiAlRuTi 膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の記録磁化の経時変化の結果は同様なものになる。

【0031】以上のことより、本発明媒体 B 2 を用いることによって記録再生時のエンベロープ特性の向上並びに下地軟磁性膜の磁壁の移動に由来する突発性の雑音や記録磁化の減磁あるいは消磁の防止を実現でき、高記録密度の実現が容易となる。

【0032】実施例 3

FeTaN 膜ターゲットを用いて、下地軟磁性膜として FeTaN 膜を基板上に成膜したことを除いて、実施例 1 と同様に垂直磁気記録媒体を作製し、本発明媒体 Q 2 とした。また、保磁力の比較のために基板温度を室温にして成膜した FeTaN 膜も作製した。

【0033】本発明媒体 Q 2 の FeTaN 膜を観察した

ところ、明瞭な磁壁構造は観察されなかったし、試料に徐々に磁場を印加しながら観察しても、変化は見られなかった。これは、基板温度を室温にして成膜したFeTa₂N膜についても同様であった。以上のことは、FeTa₂N膜の磁化過程は磁壁移動によらないことを示している。

【0034】次に、本発明媒体Q2おFeTa₂N膜の保磁力を測定したところ、保磁力は0.10eであった。また、基板温度を室温にして成膜したFeTa₂N膜の保磁力は3000eであった。

【0035】本発明媒体Q2について記録再生特性の評価試験を行い、本発明媒体Q2と従来媒体A1とのエンベロープ特性を比較したところ、実施例1の本発明媒体A2と同様に、本発明媒体Q2は、従来媒体A1に比較して遥かにエンベロープがきれいであり、エンベロープ特性が非常に優れていることが分かった。この試験は単磁極ヘッドによって記録した信号をMRヘッドで読み出すことによって行ったが、IDヘッドで記録した信号をMRヘッドで読み出す実験も行ったところ、同様なエンベロープ特性の違いが見られた。このことは、本発明媒体Q2の下地軟磁性膜FeTa₂Nは磁壁構造をとらないため、突発性の雑音の発生を根本的に解決できていることを示している。また、実施例1のところで述べたような理由によって、FeTa₂N膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の結果も同様なものになる。

【0036】次に、本発明媒体Q2の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性を測定し、従来媒体A1と対比して、図52に示した。図52は、磁場印加前の再生出力に対する磁場印加後の再生出力を百分率で示している。図52から分かるように、再生出力が低下する従来媒体A1に対し、本発明媒体Q2は5000eの磁場を印加しても減磁は見られず、外部浮遊磁界に対する記録信号の安定性は、本発明媒体Q2の方が遥かに優れていることが分かった。同様の実験をIDヘッドで記録した信号をMRヘッドで読み出す方法によっても行ったところ、全く同様な傾向が見られた。この結果を図53に示す。また、実施例1のところで述べたような理由によって、FeTa₂N膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性の結果は同様なものになる。

【0037】次に、本発明媒体Q2の記録磁化の経時変化を測定し、従来媒体A1と対比して、図54に示した。図54は、 $t = 1$ 秒の時の再生出力に対する一定時間経過後の再生出力を百分率で示している。図54から分かるように、再生出力が低下する従来媒体A1に対して、本発明媒体Q2では、このような再生出力の低下は全く見られなかった。本発明媒体Q2に用いているFeTa₂N膜は磁壁構造をとらないために、このような磁壁移動による減磁の問題を根本的に解決することができたと考えられる。また、実施例1のところで述べたよう

な理由によって、FeTa₂N膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の記録磁化の経時変化の結果は同様なものになる。以上のことより、本発明媒体Q2を用いることによって記録再生時のエンベロープ特性の向上並びに下地軟磁性膜の磁壁の移動に由来する突発性の雑音や記録磁化の減磁あるいは消磁の防止を実現でき、高記録密度の実現が容易となる。

【0038】実施例4

分散膜中のCoの体積比を50%程度に設定し、CoターゲットとSiO₂ターゲットを用いて、基板にバイアス電圧を印加しながら実施例1と同じ成膜条件で、同時にスパッタし、基板上に膜厚500nmのCo-SiO₂分散膜を下地軟磁性膜として成膜したこと除いて、実施例1と同様にして垂直磁気記録媒体を作製し、本発明媒体C2とした。また、保磁力の比較のために、基板温度を室温にして成膜したCo-SiO₂分散膜も作製した。

【0039】Co-SiO₂分散膜を観察したところ、明瞭な磁壁構造は観察されなかったし、試料に徐々に磁場を印加しながら観察しても、変化は見られなかった。これは、基板温度を室温にして成膜したCo-SiO₂分散膜についても同様であった。以上のことは、NiFe膜の磁化過程は磁壁移動による磁化過程であるのに対し、本発明媒体C2のCo-SiO₂分散膜の磁化過程は磁壁移動によらないことを示している。

【0040】次に、Co-SiO₂分散膜の保磁力を測定したところ、本発明媒体C2のCo-SiO₂分散膜は0.10e、及び基板温度を室温にして成膜したCo-SiO₂分散膜の保磁力は3000eであった。

【0041】本発明媒体C2について記録再生特性の評価試験を行い、本発明媒体C2と従来媒体A1とのエンベロープ特性を比較したところ、実施例1の本発明媒体A2と同様に、本発明媒体C2は、従来媒体A1に比較して遥かにエンベロープがきれいであり、エンベロープ特性が非常に優れていることが分かった。この実験は単磁極ヘッドによって記録した信号をMRヘッドで読み出すことによって行ったが、IDヘッドで記録した信号をMRヘッドで読み出す実験も行ったところ、同様なエンベロープ特性の違いが見られた。このことは、本発明媒体C2の下地軟磁性膜であるCo-SiO₂分散膜は磁壁構造をとらないため、突発性の雑音の発生を根本的に解決できていることを示している。また、実施例1のところで述べたような理由によって、Co-SiO₂分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の結果も同様なものになる。

【0042】次に、本発明媒体C2の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性を測定し、従来媒体A1と対比して、図9に示した。図9は、磁場印加前の再生出力に対する磁場印加後の再生出力を百分率で示してある。再生出力が低下する従来媒体A1に対して、図9から分かる

ように、本発明媒体 C 2 は 5000 e の磁場を印加しても減磁は見られず、外部浮遊磁界に対する記録信号の安定性は、本発明媒体 C 2 の方が遥かに優れていることが分かった。同様の実験を I D ヘッドで記録した信号を M R ヘッドで読み出す方法によっても行ったところ、全く同様な傾向が見られた。この結果を図 10 に示す。また、実施例 1 のところで述べたような理由によって、C o - S i O₂ 分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性の結果は同様なものになる。

【0043】次に、本発明媒体 C 2 の記録磁化の経時変化を測定し、従来媒体 A 1 と対比して、図 11 に示した。図 11 は、 $t = 1$ 秒の時の再生出力に対する一定時間経過後の再生出力を百分率で示してある。図 11 から分かるように、再生出力が低下する従来媒体 A 1 に対して、本発明媒体 C 2 では、このような再生出力の低下は全く見られなかった。それは、本発明媒体 B 2 に用いている C o - S i O₂ 分散膜は磁壁構造をとらないために、このような磁壁移動による減磁の問題を根本的に解決することができたと考えられる。また、実施例 1 の

【0044】実施例 5

分散膜中の C o の体積比を 50 % 程度に設定し、C o ターゲットと C ターゲットを用いて、基板にバイアス電圧を印加しながら実施例 1 と同じ成膜条件で、同時にスパッタし、基板上に C o - C 分散膜を下地軟磁性膜として成膜したことを除いて、実施例 1 と同様にして垂直磁気記録媒体を作製し、本発明媒体 D 2 とした。

【0045】本発明媒体 D 2 の C o - C 分散膜を観察したところ、明瞭な磁壁構造は観察されなかったし、試料に徐々に磁場を印加しながら観察しても、変化は見られなかった。これは、基板温度を室温にして成膜した C o - C 分散膜についても同様であった。以上のことは、C o - C 分散膜の磁化過程は磁壁移動によらないことを示している。

【0046】C o - C 分散膜の保磁力を調べたところ、本発明媒体 D 2 の C o - C 分散膜は 0.1 O e、基板温度を室温にして成膜した C o - C 分散膜の保磁力は 300 O e であった。

【0047】本発明媒体 D 2 について記録再生特性の評価試験を行い、本発明媒体 D 2 と従来媒体 A 1 とのエンベロップ特性を比較したところ、実施例 1 の本発明媒体 A 2 と同様に、本発明媒体 D 2 は、従来媒体 A 1 に比較して遥かにエンベロップがきれいであり、エンベロップ

特性が非常に優れていることが分かった。この実験は単磁極ヘッドによって記録した信号を M R ヘッドで読み出すことによって行ったが、I D ヘッドで記録した信号を M R ヘッドで読み出す実験も行ったところ、同様なエンベロップ特性の違いが見られた。このことは、本発明媒体 D 2 の下地軟磁性膜である C o - C 分散膜は磁区構造をとらないため、突発性の雑音の発生を根本的に解決できていることを示している。また、実施例 1 のところで述べたような理由によって、C o - C 分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の結果も同様なものになる。

【0048】本発明媒体 D 2 の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性を測定し、従来媒体 A 1 と対比して、図 12 に示した。図 12 は、磁場印加前の再生出力に対する磁場印加後の再生出力を百分率で示してある。図 12 から分かるように、再生出力が低下する従来媒体 A 1 に対して、本発明媒体 D 2 は 5000 e の磁場を印加しても減磁は見られず、外部浮遊磁界に対する記録信号の安定性は、本発明媒体 D 2 の方が遥かに優れていることが分かった。同様の実験を I D ヘッドで記録した信号を M R ヘッドで読み出す方法によっても行ったところ、全く同様な傾向が見られた。この結果を図 13 に示す。また、実施例 1 のところで述べたような理由によって、C o - C 分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性の結果は同様なものになる。

【0049】本発明媒体 D 2 の記録磁化の経時変化を測定し、従来媒体 A 1 と対比して、図 14 に示した。図 14 は、 $t = 1$ 秒の時の再生出力に対する一定時間経過後の再生出力を百分率で示してある。再生出力が低下する従来媒体 A 1 に対して、図 14 から分かるように、本発明媒体 D 2 では、このような再生出力の低下は全く見られなかった。本発明媒体 D 2 に用いている C o - C 分散膜は磁壁構造をとらないために、従来媒体 A 1 のような磁壁移動による減磁の問題を根本的に解決することができたと考えられる。また、実施例 1 のところで述べたような理由によって、C o - C 分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の記録磁化の経時変化の結果は同様なものになる。以上のことより、本発明媒体 D 2 を用いることによって記録再生時のエンベロップ特性の向上並びに下地軟磁性膜の磁壁の移動に由来する突発性の雑音や記録磁化の減磁あるいは消磁の防止を実現でき、高記録密度の実現が容易となる。

【0050】実施例 6

分散膜中の C o P t の体積比を 50 % 程度に設定し、C o P t ターゲットと S i O₂ ターゲットを用いて、基板にバイアス電圧を印加しながら実施例 1 と同じ成膜条件で、同時にスパッタし、基板上に膜厚 500 nm の C o P t - S i O₂ 分散膜を下地軟磁性膜として成膜したことを除いて、実施例 1 と同様にして垂直磁気記録媒体を作製し、本発明媒体 E 2 とした。

【0051】CoPt-SiO₂分散膜を観察したところ、明瞭な磁壁構造は観察されなかったし、試料に徐々に磁場を印加しながら観察しても、変化は見られなかった。これは、基板温度を室温にして成膜したCoPt-SiO₂分散膜についても同様であった。以上のことは、CoPt-SiO₂分散膜の磁化過程は磁壁移動によらないことを示している。

【0052】CoPt-SiO₂分散膜の保磁力を測定したところ、本発明媒体E2のCoPt-SiO₂分散膜は0.10e、基板温度を室温にして成膜したCoPt-SiO₂分散膜の保磁力は3000eであった。

【0053】本発明媒体E2について記録再生特性の評価試験を行い、本発明媒体E2と従来媒体A1とのエンベロップ特性を比較したところ、実施例1の本発明媒体A2と同様に、本発明媒体E2は、従来媒体A1に比較して遥かにエンベロップがきれいであり、エンベロップ特性が非常に優れていることが分かった。この実験は単磁極ヘッドによって記録した信号をMRヘッドで読み出すことによって行ったが、IDヘッドで記録した信号をMRヘッドで読み出す実験も行ったところ、同様なエンベロップ特性の違いが見られた。このことは、本発明媒体E2の下地軟磁性膜であるCoPt-SiO₂分散膜は磁壁構造をとらないため、突発性の雑音の発生を根本的に解決できていることを示している。また、実施例1のところで述べたような理由によって、CoPt-SiO₂分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の結果も同様なものになる。

【0054】本発明媒体E2の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性を測定し、従来媒体A1と対比して、図15に示した。図15は、磁場印加前の再生出力に対する磁場印加後の再生出力を百分率で示してある。再生出力が低下する従来媒体A1に対して、図15から分かるように、本発明媒体E2は5000eの磁場を印加しても減磁は見られず、外部浮遊磁界に対する記録信号の安定性は、本発明媒体E2の方が遥かに優れていることが分かった。同様の実験をIDヘッドで記録した信号をMRヘッドで読み出す方法によっても行ったところ、全く同様な傾向が見られた。この結果を図16に示す。また、実施例1のところで述べたような理由によって、CoPt-SiO₂分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性の結果は同様なものになる。

【0055】次に、本発明媒体D2の記録磁化の経時変化を測定し、従来媒体A1と対比して、図17に示した。図17は、 $t=1$ 秒の時の再生出力に対する一定時間経過後の再生出力を百分率で示してある。再生出力が低下する従来媒体A1に対して、図17から分かるように、本発明媒体E2では、このような再生出力の低下は全く見られなかった。本発明媒体E2に用いているCoPt-SiO₂分散膜は磁壁構造をとらないために、従

来媒体A1のような磁壁移動による減磁の問題を根本的に解決することができたと考えられる。また、実施例1のところで述べたような理由によって、CoPt-SiO₂分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の記録磁化の経時変化の結果は同様なものになる。以上のことより、本発明媒体E2を用いることによって記録再生時のエンベロップ特性の向上並びに下地軟磁性膜の磁壁の移動に由来する突発性の雑音や記録磁化の減磁あるいは消磁の防止を実現でき、高記録密度の実現が容易となる。

【0056】実施例7

分散膜中のCoPtの体積比を50%程度に設定し、CoPtターゲットとCターゲットを用いて、基板にバイアス電圧を印加しながら実施例1と同じ成膜条件で、同時にスパッタし、基板上に膜厚500nmのCoPt-C分散膜を下地軟磁性膜として成膜したこと除いて、実施例1と同様にして垂直磁気記録媒体を作製し、本発明媒体F2とした。

【0057】CoPt-C分散膜を観察したところ、明瞭な磁壁構造は観察されなかったし、試料に徐々に磁場を印加しながら観察しても、変化は見られなかった。これは、基板温度を室温にして成膜したCoPt-C分散膜についても同様であった。以上のことは、CoPt-C分散膜の磁化過程は磁壁移動によらないことを示している。

【0058】次に、CoPt-C分散膜の保磁力を測定したところ、本発明媒体F2の保磁力は0.10e、基板温度を室温にして成膜したCoPt-C分散膜の保磁力は3000eであった。

【0059】本発明媒体F2の記録再生特性の評価試験を行い、本発明媒体F2と従来媒体A1のエンベロップ特性を調べたところ、本発明媒体A2と同様に、本発明媒体F2は、従来媒体A1に比較して遥かにエンベロップがきれいであり、エンベロップ特性が非常に優れていることが分かった。この実験は単磁極ヘッドによって記録した信号をMRヘッドで読み出すことによって行ったが、IDヘッドで記録した信号をMRヘッドで読み出す実験も行ったところ、同様なエンベロップ特性の違いが見られた。このことは、本発明媒体F2の下地軟磁性膜であるCoPt-C分散膜は磁壁構造をとらないため、突発性の雑音の発生を根本的に解決できていることを示している。また、実施例1のところで述べたような理由によって、CoPt-C分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の結果も同様なものになる。

【0060】本発明媒体F2の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性を測定し、従来媒体A1と対比して、図18に示した。図18は、磁場印加前の再生出力に対する磁場印加後の再生出力を百分率で示してある。再生出力が低下する従来媒体A1に対して、図18から分かるように、本発明媒体F2は5000eの磁場を印加して

も減磁は見られず、外部浮遊磁界に対する記録信号の安定性は、本発明媒体 F 2の方が遥かに優れていることが分かった。同様の実験を I Dヘッドで記録した信号を M Rヘッドで読み出す方法によっても行ったところ、全く同様な傾向が見られた。この結果を図 19に示す。

【0061】次に、本発明媒体 F 2の記録磁化の経時変化を測定し、従来媒体 A 1と対比して、図 20に示した。図 20は、 $t = 1$ 秒の時の再生出力に対する一定時間経過後の再生出力を百分率で示してある。再生出力が低下する従来媒体 A 1に対して、図 20から分かるように、本発明媒体 F 2では、このような再生出力の低下は全く見られなかった。本発明媒体 F 2に用いている C o P t - C 分散膜は磁壁構造をとらないために、従来媒体 A 1のような磁壁移動による減磁の問題を根本的に解決することができたと考えられる。また、実施例 1のところで述べたような理由によって、C o P t - C 分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の記録磁化の経時変化の結果は同様なものになる。

【0062】以上のことより、本発明媒体 F 2を用いることによって記録再生時のエンベロープ特性の向上並びに下地軟磁性膜の磁壁の移動に由来する突発性の雑音や記録磁化の減磁あるいは消磁の防止を実現でき、高記録密度の実現が容易となる。

【0063】実施例 8

分散膜中の C o C r P t の体積比を 50%程度に設定し、C o C r P t ターゲットと S i O₂ ターゲットを用いて、基板にバイアス電圧を印加しながら実施例 1と同じ成膜条件で、同時にスパッタし、基板上に膜厚 500 nm の C o C r P t - S i O₂ 分散膜を下地軟磁性膜として成膜したこと除いて、実施例 1と同様にして垂直磁気記録媒体を作製し、本発明媒体 G 2とした。

【0064】C o C r P t - S i O₂ 分散膜を観察したところ、明瞭な磁壁構造は観察されなかったし、試料に徐々に磁場を印加しながら観察しても、変化は見られなかった。これは、基板温度を室温にして成膜した C o C r P t - S i O₂ 分散膜についても同様であった。以上のことは、C o C r P t - S i O₂ 分散膜の磁化過程は磁壁移動によらないことを示している。

【0065】次に、C o C r P t - S i O₂ 分散膜の保磁力を測定したところ、本発明媒体 G 2の保磁力は 0.1 Oe、基板温度を室温にして成膜した C o C r P t - S i O₂ 分散膜の保磁力は 300 Oe であった。

【0066】本発明媒体 G 2の記録再生特性の評価試験を行い、本発明媒体 F 2と従来媒体 A 1のエンベロープ特性を調べたところ、本発明媒体 A 2と同様に、本発明媒体 F 2は、従来媒体 A 1に比較して遥かにエンベロープがきれいであり、エンベロープ特性が非常に優れていることが分かった。この実験は単磁極ヘッドによって記録した信号を M Rヘッドで読み出すことによって行ったが、I Dヘッドで記録した信号を M Rヘッドで読み出す

実験も行ったところ、同様なエンベロープ特性の違いが見られた。このことは、本発明媒体 G 2の下地軟磁性膜である C o C r P t - S i O₂ 分散膜は磁壁構造をとらないため、突発性の雑音の発生を根本的に解決できていることを示している。また、実施例 1のところで述べたような理由によって、C o C r P t - S i O₂ 分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の結果も同様なものになる。

【0067】本発明媒体 G 2の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性を測定し、従来媒体 A 1と対比して、図 21に示した。図 21は、磁場印加前の再生出力に対する磁場印加後の再生出力を百分率で示してある。再生出力が低下する従来媒体 A 1に対して、図 21から分かるように、本発明媒体 G 2は 500 Oe の磁場を印加しても減磁は見られず、外部浮遊磁界に対する記録信号の安定性は、本発明媒体 G 2の方が遥かに優れていることが分かった。同様の実験を I Dヘッドで記録した信号を M Rヘッドで読み出す方法によっても行ったところ、全く同様な傾向が見られた。この結果を図 22に示す。

【0068】次に、本発明媒体 G 2の記録磁化の経時変化を測定し、従来媒体 A 1と対比して、図 23に示した。図 23は、 $t = 1$ 秒の時の再生出力に対する一定時間経過後の再生出力を百分率で示してある。再生出力が低下する従来媒体 A 1に対して、図 23から分かるように、本発明媒体 G 2では、このような再生出力の低下は全く見られなかった。本発明媒体 F 2に用いている C o C r P t - S i O₂ 分散膜は磁壁構造をとらないために、従来媒体 A 1のような磁壁移動による減磁の問題を根本的に解決することができたと考えられる。また、実施例 1のところで述べたような理由によって、C o C r P t - S i O₂ 分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の記録磁化の経時変化の結果は同様なものになる。

【0069】以上のことより、本発明媒体 G 2を用いることによって記録再生時のエンベロープ特性の向上並びに下地軟磁性膜の磁壁の移動に由来する突発性の雑音や記録磁化の減磁あるいは消磁の防止を実現でき、高記録密度の実現が容易となる。

【0070】実施例 9

分散膜中の C o C r P t の体積比を 50%程度に設定し、C o C r P t ターゲットと C ターゲットを用いて、基板にバイアス電圧を印加しながら実施例 1と同じ成膜条件で、同時にスパッタし、基板上に膜厚 500 nm の C o C r P t - C 分散膜を下地軟磁性膜として成膜したこと除いて、実施例 1と同様にして垂直磁気記録媒体を作製し、本発明媒体 H 2とした。

【0071】C o C r P t - C 分散膜を観察したところ、明瞭な磁壁構造は観察されなかったし、試料に徐々に磁場を印加しながら観察しても、変化は見られなかった。これは、基板温度を室温にして成膜した C o C r P t - C 分散膜についても同様であった。以上のことは、

CoCrPt-C分散膜の磁化過程は磁壁移動によらないことを示している。

【0072】次に、CoCrPt-C分散膜の保磁力を測定したところ、本発明媒体H2のCoCrPt-C分散膜の保磁力は0.10e、基板温度を室温にして成膜したCoCrPt-C分散膜の保磁力は3000eであった。

【0073】本発明媒体H2の記録再生特性の評価試験を行い、本発明媒体H2と従来媒体A1のエンベロープ特性を調べたところ、本発明媒体A2と同様に、本発明媒体H2は、従来媒体A1に比較して遥かにエンベロープがきれいであり、エンベロープ特性が非常に優れていることが分かった。この実験は単磁極ヘッドによって記録した信号をMRヘッドで読み出すことによって行ったが、IDヘッドで記録した信号をMRヘッドで読み出す実験も行ったところ、同様なエンベロープ特性の違いが見られた。このことは、本発明媒体H2の下地軟磁性膜であるCoCrPt-C分散膜は磁壁構造をとらないため、突発性の雑音の発生を根本的に解決できていることを示している。また、実施例1のところで述べたような理由によって、CoCrPt-C分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の結果も同様なものになる。

【0074】本発明媒体H2の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性を測定し、従来媒体A1と対比して、図24に示した。図24は、磁場印加前の再生出力に対する磁場印加後の再生出力を百分率で示してある。再生出力が低下する従来媒体A1に対して、図24から分かるように、本発明媒体H2は5000eの磁場を印加しても減磁は見られず、外部浮遊磁界に対する記録信号の安定性は、本発明媒体H2の方が遥かに優れていることが分かった。同様の実験をIDヘッドで記録した信号をMRヘッドで読み出す方法によっても行ったところ、全く同様な傾向が見られた。この結果を図25に示す。また、実施例1のところで述べたような理由によって、CoCrPt-C分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の外部浮遊磁界に対する記録磁化の安定性の結果は同様なものになる。

【0075】次に、本発明媒体H2の記録磁化の経時変化を測定し、従来媒体A1と対比して、図26に示した。図26は、 $t = 1$ 秒の時の再生出力に対する一定時間経過後の再生出力を百分率で示してある。再生出力が低下する従来媒体A1に対して、図26から分かるように、本発明媒体H2では、従来媒体A1のような再生出力の低下は全く見られなかった。本発明媒体H2に用いているCoCrPt-C分散膜は磁壁構造をとらないために、従来媒体A1のような磁壁移動による減磁の問題を根本的に解決することができたと考えられる。また、実施例1のところで述べたような理由によって、CoCrPt-C分散膜を室温で成膜した膜を下地に持つ媒体の記録磁化の経時変化の結果は同様なものになる。

【0076】以上のごとより、本発明媒体H2を用いることによって記録再生時のエンベロープ特性の向上並びに下地軟磁性膜の磁壁の移動に由来する突発性の雑音や記録磁化の減磁あるいは消磁の防止を実現でき、高記録密度の実現が容易となる。

【0077】実施例10

分散膜中のCoPtの体積比を50%程度に設定し、スパッタ法によりCoPtターゲットとSiO₂ターゲットを用い、基板にバイアスを印加しながら、以下の成膜条件で、同時にスパッタして、膜厚500nmのCoPt-SiO₂分散膜を下地軟磁性膜として2.5インチの基板上に成膜した。

成膜条件

チャンバの初期真空度	: 5×10^{-7} mTorr以下
投入電力	: 0.5 kw
アルゴンガス圧	: 4 mTorr
基板温度	: 600°C
成膜速度	: 3 nm/sec

【0078】Co₆₅Cr₃₅(at%)ターゲット及びCo₇₈Cr₁₉Ta₃(at%)ターゲットを用いて、CoPt-SiO₂分散膜の上に基板温度200°CでCo₆₅Cr₃₅膜をそれぞれ膜厚0、10、20、50、100及び120nmで成膜し、連続してその上にCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜を膜厚100nmで成膜した。そして、更にその上にC保護膜を10nm成膜し、Co₆₅Cr₃₅膜を100nmとした媒体を本発明媒体J2とし、Co₆₅Cr₃₅膜を0nmとした、すなわちCo₆₅Cr₃₅膜を設けていない媒体を従来媒体B1とした。

【0079】本発明媒体J2の特性を評価するために、表面平滑性、垂直配向性、保持力、記録再生特性等を以下の評価方法で測定した。同じ評価方法を実施例11以下の実施例にも適用した。本発明媒体J2のCo₆₅Cr₃₅膜の表面平滑性Raを磁気力顕微鏡(AFM)で測定し、図27に示す結果を得た。膜厚0nmの時の値は、すなわちCoPt-SiO₂分散膜表面のRaの値である。図27から分かるように、Co₆₅Cr₃₅膜の膜厚が10~100nmまではRaが低減し、表面平滑性の改善効果があることが分かる。しかし、膜厚100nmを越えると表面平滑性は悪化する。

【0080】0~120nmの膜厚のCo₆₅Cr₃₅膜をCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の直下に持つCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性を調べるために、X線回折を用いて、h c p(002)ピークのロッギングカーブの半値幅を求め、図28に示す結果を得た。図28から分かるように、膜厚10~100nmまでは、ロッギングカーブの半値幅が低下し、Co₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性が向上していることが分かる。CoPt-SiO₂分散膜上のCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜は完全な垂直磁化膜ではなく、膜形成の初期段階における10nmから20nmの初期層が存在する。ところが、Co₆₅Cr₃₅膜とCo₇₈

Cr₁₉Ta₃膜の結晶構造が非常に近いために、垂直磁化膜の膜形成の初期段階から垂直異方性の強い結晶配向性に優れた膜が形成される。しかし、膜厚100nmを越えるとロッキングカーブの半値幅は増大し、Co₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性は悪化する。

【0081】以上のことから分かるように、中間層Co₆₅Cr₃₅膜は、CoPt-SiO₂分散膜表面の平滑性の改善効果とCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性の改善効果の双方を有する。

【0082】次に、0~120nmの膜厚のCo₆₅Cr₃₅膜をCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の直下に持つCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の磁気特性をカー効果測定装置で調べ、図29に示すようなメジャーリングの角形比を得た。図29から分かるように、Co₆₅Cr₃₅膜の膜厚が10~100nmまでは、膜厚の増加に伴って角形比が改善される。しかし、膜厚100nmを越えると角形比は低下する。

【0083】本発明媒体J2及び従来媒体B1について、ID/MR複合ヘッドを用いて記録再生特性の評価試験を行った。ここで、ヘッドの記録トラック幅は4μm、再生トラック幅は3μm、記録ギャップ長は0.4μm、再生ギャップ長は0.32μmである。評価は記録電流10mAop、センス電流12mA、周速度12.7m/sec、浮上量45nm、ノイズのバンド帯域45MHzの条件下で行った。図30は媒体ノイズの記録密度依存性を示す。これより、本発明媒体J2は、従来媒体B1に比較して全記録密度において媒体ノイズが小さく、ノイズ特性が非常に優れていることが分かる。つまり、Co₆₅Cr₃₅中間層を挿入することによってCoPt-SiO₂分散膜表面の平滑性の改善とCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性の改善が同時に達成され、Co₇₈Cr₁₉Ta₃垂直磁化膜の磁気特性の角形比を向上させて初期層の膜厚を低減させることが出来、低ノイズ化につながった。Co₆₅Cr₃₅中間層の膜厚が100nm以下の媒体でも同様な結果が得られる。

【0084】図31は媒体S/Nの記録密度依存性を示す。これより、本発明媒体J2は従来媒体B1に比較して全記録密度において媒体S/Nが2~5dB良好であり、高記録密度対応の磁気ディスク媒体として優れていることが分かる。すなわち、本発明媒体K2を用いることにより、高記録密度の実現が容易となる。

【0085】実施例11

分散膜中のCoCrPtの体積比を50%程度に設定し、CoCrPtターゲットとSiO₂ターゲットを用いたことを除いて、実施例10と同じ成膜条件で膜厚500nmのCoCrPt-SiO₂分散膜を下地軟磁性膜として基板上に成膜した。次いで、Tiターゲット及びCo₇₈Cr₁₉Ta₃(at%)ターゲットを用いて、CoCrPt-SiO₂分散膜の上に基板温度200℃でTi膜を膜厚0、10、20、50、100及び120nmで成膜し、連続してTi膜の上にCo₇₈Cr₁₉Ta₃

膜を膜厚100nmで成膜した。そして、更にCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の上にC保護膜を10nm成膜し、Ti膜を100nmとした媒体を本発明媒体K2とし、Ti膜を0nmとした、すなわちTi膜を設けていない媒体を従来媒体C1とした。

【0086】Ti膜の表面平滑性Raを測定し、図32に示す結果を得た。膜厚0nmの時の値はすなわちCoCrPt-SiO₂分散膜表面のRaの値である。図32から分かるように、Ti膜の膜厚が10~100nmまではRaが低減し、表面平滑性の改善効果があることが分かる。しかし、膜厚100nmを越えると表面平滑性は悪化する。

【0087】0~120nmの膜厚のTi膜をCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の直下に持つCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性を調べ、図33に示す結果を得た。図33から分かるように、膜厚10~100nmまではロッキングカーブの半値幅が低下し、Co₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性が向上していることが分かる。CoCrPt-SiO₂分散膜上のCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜は完全な垂直磁化膜ではなく、膜形成の初期段階における10nmから20nmの初期層が存在する。ところが、Ti膜とCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜は格子整合性が良いために、垂直磁化膜の膜形成の初期段階から垂直異方性の強い結晶配向性に優れた膜が形成される。しかし、膜厚100nmを越えるとロッキングカーブの半値幅は増大し、Co₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性は悪化する。以上のことから分かるように、中間層Ti膜は、CoCrPt-SiO₂分散膜表面の平滑性の改善効果とCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性の改善効果の双方を有する。

【0088】次に、0~120nmの膜厚のTi膜をCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の直下に持つCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の磁気特性を調べ、図34に示す結果を得た。図34から分かるように、Ti膜の膜厚が10~100nmまでは、膜厚の増加に伴って角形比が改善される。しかし、膜厚100nmを越えると角形比は低下する。

【0089】本発明媒体K2及び従来媒体C1の記録再生特性の評価試験を行い、図35に示す媒体ノイズの記録密度依存性の結果を得た。本発明媒体K2は、従来媒体C1に比較して、全記録密度において媒体ノイズが小さく、ノイズ特性が非常に優れていることが分かる。つまり、Ti中間層を挿入することによってCoCrPt-SiO₂分散膜表面の平滑性の改善とCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性の改善が同時に達成され、Co₇₈Cr₁₉Ta₃垂直磁化膜の磁気特性の角形比を向上させて初期層の膜厚を低減させることが出来、低ノイズ化につながった。以上のことから、Ti中間層の膜厚が100nm以下の媒体でも同様な結果が得られる。

【0090】図36は媒体S/Nの記録密度依存性を示す。これより、本発明媒体K2は従来媒体C1に比較して全記録密度において媒体S/Nが1~2dB良好であ

り、高記録密度対応の磁気ディスク媒体として優れていることが分かる。すなわち、本発明媒体K2を用いることにより、高記録密度の実現が容易となる。

【0091】実施例12

分散膜中のCoCrPtの体積比を50%程度に設定し、CoCrPtターゲットとCターゲットを用いたことを除いて、実施例10と同じ成膜条件で膜厚500nmのCoCrPt-C分散膜を下地軟磁性膜として基板上に成膜した。次いで、Cr₂₀Ti₈₀ターゲットとCo₇₈Cr₁₉Ta₃(at%)ターゲットを用いて、CoCrPt-C分散膜の上に基板温度200℃でCr₂₀Ti₈₀膜を膜厚0、10、20、50、100及び120nmで成膜し、更に連続してCr₂₀Ti₈₀膜の上にCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜を膜厚100nmで成膜した。次いで、Co₇₈Cr₁₉Ta₃膜の上にC保護膜を10nm成膜し、Cr₂₀Ti₈₀膜を100nmとした媒体を本発明媒体L2とし、Cr₂₀Ti₈₀膜を0nmとした、すなわちTi膜を設けていない媒体を従来媒体D1とした。

【0092】Cr₂₀Ti₈₀膜の表面平滑性Raを測定し、図37に示す結果を得た。膜厚0nmの時の値はすなわちCoCrPt-C分散膜表面のRaの値である。図37から分かるように、Cr₂₀Ti₈₀膜の膜厚が10～100nmまではRaが低減し、表面平滑性の改善効果があることが分かる。しかし、膜厚100nmを越えると表面平滑性は悪化する。

【0093】0～120nmの膜厚のCr₂₀Ti₈₀膜をCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の直下に持つCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性を調べ、図38に示す結果を得た。図38から分かるように、膜厚10～100nmまではロッキングカーブの半値幅が低下し、Co₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性が向上していることが分かる。CoCrPt-C分散膜上のCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜は完全な垂直磁化膜ではなく、膜形成の初期段階における10nmから20nmの初期層が存在する。ところが、Cr₂₀Ti₈₀膜とCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜は格子整合性が良いために、垂直磁化膜の膜形成の初期段階から垂直異方性の強い結晶配向性に優れた膜が形成される。しかし、膜厚100nmを越えるとロッキングカーブの半値幅は増大し、Co₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性は悪化する。以上のことから分かるように、中間層Cr₂₀Ti₈₀膜は、CoCrPt-C分散膜表面の平滑性の改善効果とCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性の改善効果の双方を有する。

【0094】次に、0～120nmの膜厚のCr₂₀Ti₈₀膜をCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の直下に持つCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の磁気特性を調べ、図39に示す結果を得た。図39から分かるように、Cr₂₀Ti₈₀膜の膜厚が10～100nmまでは、膜厚の増加に伴って角形比が改善される。しかし、膜厚100nmを越えると角形比は低下する。

【0095】本発明媒体L2及び従来媒体D1の記録再

生特性の評価試験を行い、図40に示す媒体ノイズの記録密度依存性の結果を得た。これより、本発明媒体L2は、従来媒体D1に比較して全記録密度において媒体ノイズが小さく、ノイズ特性が非常に優れていることが分かる。つまり、Cr₂₀Ti₈₀中間層を挿入することによってCoCrPt-C分散膜表面の平滑性の改善とCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜の垂直配向性の改善が同時に達成され、Co₇₈Cr₁₉Ta₃垂直磁化膜の磁気特性の角形比を向上させて初期層の膜厚を低減させることが出来、低ノイズ化につながった。また、Cr₂₀Ti₈₀中間層の膜厚が100nm以下の媒体でも同様な結果が得られる。

【0096】図41は媒体S/Nの記録密度依存性を示す。これより、本発明媒体L2は従来媒体D1に比較して全記録密度において媒体S/Nが1～4dB良好であり、高記録密度対応の磁気ディスク媒体として優れていることが分かる。すなわち、本発明媒体L2を用いることにより、高記録密度の実現が容易となる。

【0097】実施例13

2. 5インチの基板上にスパッタ法により基板温度600℃でCrターゲットを用いてCr膜を膜厚0、100、200、300、400、及び500nmで成膜した。次いで、実施例10と同様にして、Cr膜上に膜厚500nmのCoPt-SiO₂分散膜、膜厚100nmのCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜、及び膜厚10nmのC保護膜を成膜し、500nm膜厚のCr膜を挿入した媒体を本発明媒体M2とし、Cr膜を挿入せず、CoPt-SiO₂分散膜及びCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜を成膜した媒体を従来媒体E1とした。

【0098】次に、Cr下地を持つCoPt-SiO₂分散膜と持たないCoPt-SiO₂分散膜の保磁力を試料振動型磁力計(VSM)を用いて測定し、図42に示す結果を得た。図42から分かるように、Cr下地の膜厚の増加にともなってCoPt-SiO₂分散膜の保磁力は増加する。

【0099】実施例10と同じ再生条件で、本発明媒体M2及び従来媒体E1の記録再生特性の評価試験を行い、図43に示す媒体ノイズの記録密度依存性を得た。本発明媒体M2、従来媒体E1ともに孤立波の出力値(この場合、記録密度10kFRPIの時の出力値)で規格化してある。これより、本発明媒体M2は、従来媒体E1に比較して記録密度の増大に伴う出力の減衰が遅い。言い換えれば本発明媒体M2の方が従来媒体E1よりも高記録密度まで高い出力を得ることができる。CoPt-SiO₂分散膜の下にCr下地を挿入することによって保磁力が増大し、出力の記録密度依存性の向上が達成された。

【0100】図44は、記録密度400kFRPIでの媒体S/Nの値を示す。これより、本発明媒体M2は従来媒体E1に比較して高記録密度においても媒体S/Nが約2dB良好であり、高記録密度対応の磁気ディスク媒

体として優れていることが分かる。すなわち、本発明媒体M2を用いることにより、高記録密度の実現が容易となる。

【0101】実施例14

実施例13のCr膜に代えて、Vターゲットを用いてV膜をそれぞれ膜厚0、100、200、300、400及び500nmで成膜し、次いで実施例11と同様にして、垂直磁気記録媒体を作製し、500nm膜厚のV膜を挿入した媒体を本発明媒体N2とし、V膜を挿入せず、CoCrPt-SiO₂分散膜及びCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜を成膜した媒体を従来媒体F1とした。

【0102】次に、実施例13と同様にして、V下地を持つCoCrPt-SiO₂分散膜と持たないCoCrPt-SiO₂分散膜の保磁力を測定し、図45に示す結果を得た。図45から分かるように、V下地の膜厚の増加にともなってCoCrPt-SiO₂分散膜の保磁力は増加する。

【0103】実施例13と同様にして、本発明媒体N2及び従来媒体F1の記録再生特性の評価試験を行い、図46に示す媒体ノイズの記録密度依存性を得た。本発明媒体N2、従来媒体F1ともに孤立波の出力値（この場合、記録密度10kFRPIの時の出力値）で規格化してある。これより、本発明媒体N2は、従来媒体F1に比較して記録密度の増大に伴う出力の減衰が遅い。言い換えれば本発明媒体N2の方が従来媒体F1よりも高記録密度まで高い出力を得ることができる。CoCrPt-SiO₂分散膜の下にV下地を挿入することによって保磁力が増大し、出力の記録密度依存性の向上が達成された。

【0104】図47は記録密度400kFRPIでの媒体S/Nの値を示す。これより、本発明媒体N2は従来媒体F1に比較して高記録密度においても媒体S/Nが約2dB良好であり、高記録密度対応の磁気ディスク媒体として優れていることが分かる。すなわち、本発明媒体M2を用いることにより、高記録密度の実現が容易となる。

【0105】実施例15

実施例13のCr膜に代えて、Cuターゲットを用いてCu膜をそれぞれ膜厚0、100、200、300、400及び500nmで成膜し、次いで実施例12と同様にして、垂直磁気記録媒体を作製し、500nm膜厚のCu膜を挿入した媒体を本発明媒体P2とし、Cu膜を挿入せずに、CoCrPt-C分散膜及びCo₇₈Cr₁₉Ta₃膜を成膜した媒体を従来媒体G1とした。

【0106】次に、実施例13と同様にして、Cu下地を持つCoCrPt-C分散膜と持たないCoCrPt-C分散膜の保磁力を調べ、図48に示す結果を得た。図48から分かるように、Cu下地の膜厚の増加にともなってCoCrPt-C分散膜の保磁力は増加する。

【0107】実施例13と同様にして、本発明媒体P2

及び従来媒体G1の記録再生特性の評価試験を行い、図49に示す媒体ノイズの記録密度依存性の結果を得た。本発明媒体P2、従来媒体G1ともに孤立波の出力値（この場合、記録密度10kFRPIの時の出力値）で規格化してある。これより、本発明媒体P2は、従来媒体G1に比較して記録密度の増大に伴う出力の減衰が遅い。言い換えれば本発明媒体P2の方が従来媒体G1よりも高記録密度まで高い出力を得ることができる。CoCrPt-C分散膜の下にCu下地を挿入することによって保磁力が増大し、出力の記録密度依存性の向上が達成された。

【0108】図50は記録密度400kFRPIでの媒体S/Nの値を示す。これより、本発明媒体P2は従来媒体G1に比較して高記録密度においても媒体S/Nが約2dB良好であり、高記録密度対応の磁気ディスク媒体として優れていることが分かる。すなわち、本発明媒体M2を用いることにより、高記録密度の実現が容易となる。

【0109】

【発明の効果】本発明によれば、非磁壁構造の下地軟磁性膜を垂直磁化膜の下に設けることにより、記録再生時のエンベロップ特性を向上させ、かつ下地軟磁性膜の磁壁の移動に由来する突発性の雑音や記録磁化の減磁又は消磁現象が発生しない垂直磁気記録媒体を実現している。これにより、従来、垂直磁気記録媒体の致命的な欠陥であった記録磁化の減磁又は消磁現象の発生を根本的に防止することができ、記録再生特性に優れた垂直磁気記録媒体を実現している。

【0110】請求項6及び7に記載の垂直磁気記録媒体によれば、下地軟磁性膜として用いるグラニューラ薄膜と垂直磁化膜の間に接合層を挿入することにより、下地軟磁性膜の表面平滑性の向上と垂直磁化膜の垂直配向性の向上を同時に図ることができる。この効果により、垂直磁化膜の磁気特性の角形比が改善され、低媒体ノイズ化を図ることができ、記録再生特性にすぐれた垂直磁気記録媒体を実現している。

【0111】請求項8記載の垂直磁気記録媒体によれば、下地軟磁性膜として用いるグラニューラ薄膜と基板の間にCr膜、V膜及びCu膜のいずれかを挿入することにより、Cr膜、V膜、Cu膜を挿入しない場合に比べて母材中に分散させた粒子の独立を促進させることができ、保磁力の向上を図ることができる。この効果により、再生出力の記録密度依存性の向上を図ることができ、記録再生特性にすぐれた垂直磁気記録媒体を実現している。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)及び(b)は、それぞれ、本発明に関わる垂直磁気記録媒体の実施形態例、及び実施例1の垂直磁気記録媒体の模式的基板断面図である。

【図2】実施例1の垂直磁気記録媒体のエンベロップ特

性を示すグラフである。

【図 3】実施例 1 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 4】実施例 1 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示す別のグラフである。

【図 5】実施例 2 の垂直磁気記録媒体の外部磁場印加後の経過時間と一定時間経過前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 6】実施例 2 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示す別のグラフである。

【図 7】実施例 2 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 8】実施例 2 の垂直磁気記録媒体の外部磁場印加後の経過時間と一定時間経過前後の再生出力の比を示す別のグラフである。

【図 9】実施例 4 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 10】実施例 4 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示す別のグラフである。

【図 11】実施例 4 の垂直磁気記録媒体の外部磁場印加後の経過時間と一定時間経過前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 12】実施例 5 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示す別のグラフである。

【図 13】実施例 5 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 14】実施例 5 の垂直磁気記録媒体の外部磁場印加後の経過時間と一定時間経過前後の再生出力の比を示す別のグラフである。

【図 15】実施例 6 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 16】実施例 6 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示す別のグラフである。

【図 17】実施例 6 の垂直磁気記録媒体の外部磁場印加後の経過時間と一定時間経過前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 18】実施例 7 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 19】実施例 7 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示す別のグラフである。

【図 20】実施例 7 の垂直磁気記録媒体の外部磁場印加後の経過時間と一定時間経過前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 21】実施例 8 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 22】実施例 8 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示す別のグラフである。

【図 23】実施例 8 の垂直磁気記録媒体の外部磁場印加後の経過時間と一定時間経過前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 24】実施例 9 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 25】実施例 9 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示す別のグラフである。

【図 26】実施例 9 の垂直磁気記録媒体の外部磁場印加後の経過時間と一定時間経過前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 27】実施例 10 の垂直磁気記録媒体の中間層の膜厚と表面平滑性の関係を示す図表である。

【図 28】実施例 10 の垂直磁気記録媒体の中間層の膜厚と CoCrTa 膜の垂直配向性の関係を示す図表である。

【図 29】実施例 10 の垂直磁気記録媒体の中間層の膜厚と CoCrTa 膜の角形比の関係を示す図表である。

【図 30】実施例 10 の垂直磁気記録媒体の媒体ノイズの記録密度依存性を示すグラフである。

【図 31】実施例 10 の垂直磁気記録媒体の媒体 S/N の記録密度依存性を示すグラフである。

【図 32】実施例 11 の垂直磁気記録媒体の中間層の膜厚と表面平滑性の関係を示す図表である。

【図 33】実施例 11 の垂直磁気記録媒体の中間層の膜厚と CoCrTa 膜の垂直配向性の関係を示す図表である。

【図 34】実施例 11 の垂直磁気記録媒体の中間層の膜厚と CoCrTa 膜の角形比の関係を示す図表である。

【図 35】実施例 11 の垂直磁気記録媒体の媒体ノイズの記録密度依存性を示すグラフである。

【図 36】実施例 11 の垂直磁気記録媒体の媒体 S/N の記録密度依存性を示すグラフである。

【図 37】実施例 12 の垂直磁気記録媒体の中間層の膜厚と表面平滑性の関係を示す図表である。

【図 38】実施例 12 の垂直磁気記録媒体の中間層の膜厚と CoCrTa 膜の垂直配向性の関係を示す図表である。

【図 39】実施例 12 の垂直磁気記録媒体の中間層の膜厚と CoCrTa 膜の角形比の関係を示す図表である。

【図 40】実施例 12 の垂直磁気記録媒体の媒体ノイズの記録密度依存性を示すグラフである。

【図 41】実施例 12 の垂直磁気記録媒体の媒体 S/N の記録密度依存性を示すグラフである。

【図 42】実施例 13 の垂直磁気記録媒体の軟磁性膜の下地層の膜厚と保磁力の関係を示す図表である。

【図 43】実施例 13 の垂直磁気記録媒体の出力の記録密度依存性を示すグラフである。

【図 44】実施例 13 の垂直磁気記録媒体の媒体 S/N の値を示す図表である。

【図 45】実施例 14 の垂直磁気記録媒体の軟磁性膜の下地層の膜厚と保磁力の関係を示す図表である。

【図 46】実施例 14 の垂直磁気記録媒体の出力の記録密度依存性を示すグラフである。

【図 47】実施例 14 の垂直磁気記録媒体の媒体 S/N の値を示す図表である。

【図 48】実施例 14 の垂直磁気記録媒体の軟磁性膜の下地層の膜厚と保磁力の関係を示す図表である。

【図 49】実施例 14 の垂直磁気記録媒体の出力の記録密度依存性を示すグラフである。

【図 50】実施例 14 の垂直磁気記録媒体の媒体 S/N の値を示す図表である。

【図 51】従来の垂直磁気記録媒体を示す概略断面図である。

【図 52】実施例 3 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示すグラフである。

【図 53】実施例 3 の垂直磁気記録媒体の外部磁場と磁場印加前後の再生出力の比を示す別のグラフである。

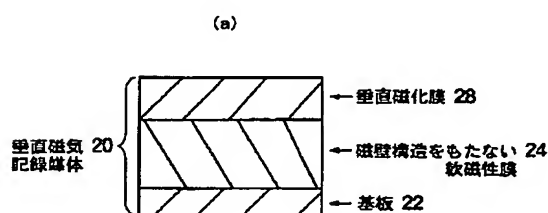
【図 54】実施例 3 の垂直磁気記録媒体の外部磁場印加

後の経過時間と一定時間経過前後の再生出力の比を示すグラフである。

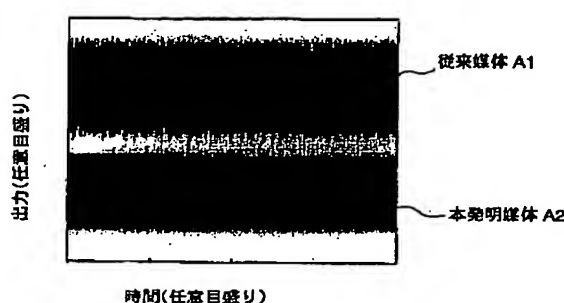
【符号の説明】

- 10 垂直磁気記録媒体
- 12 基板
- 16 FeSiAl 軟磁性膜
- 18 $\text{Co}_{78}\text{Cr}_{19}\text{Ta}_3$ 垂直磁化膜
- 20 垂直磁気記録媒体
- 22 基板
- 24 磁壁構造をもたない軟磁性膜
- 28 垂直磁化膜
- 50 垂直磁気記録媒体
- 52 軟磁性裏打ち層
- 54 垂直磁化膜
- 56 基板

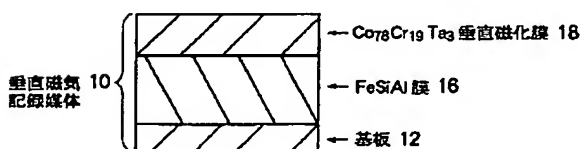
【図 1】



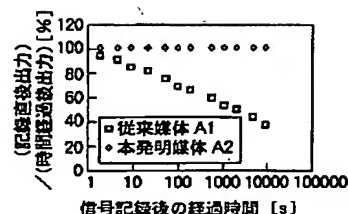
【図 2】



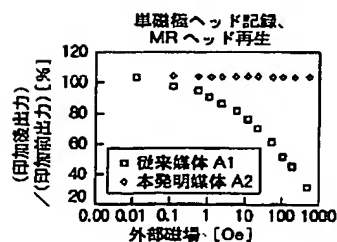
(b)



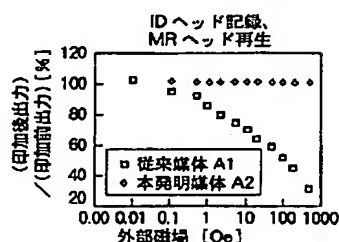
【図 5】



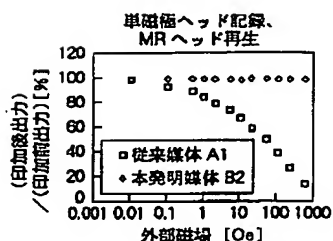
【図 3】



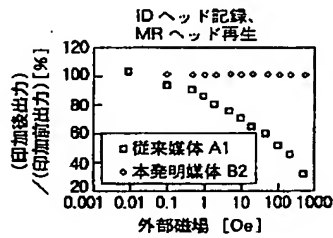
【図 4】



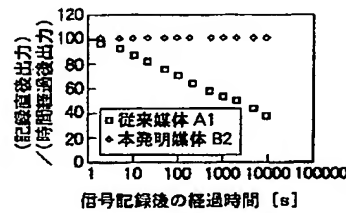
【図 6】



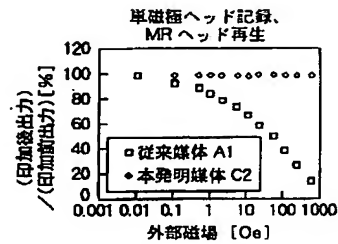
【図 7】



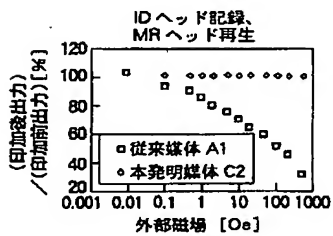
【図 8】



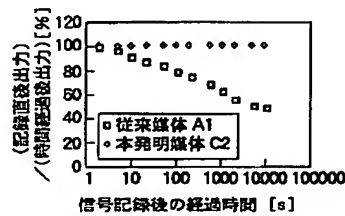
【図 9】



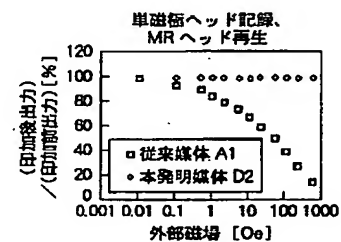
【図 10】



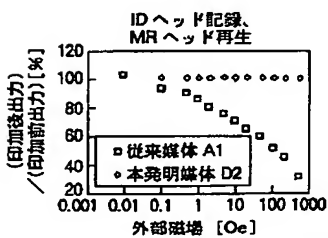
【図 11】



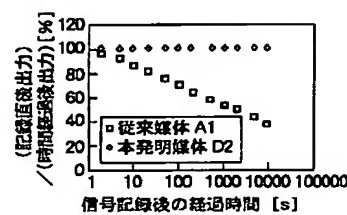
【図 12】



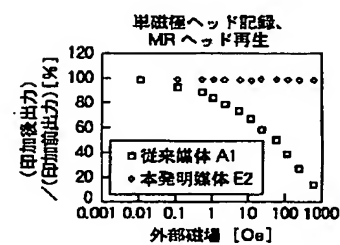
【図 13】



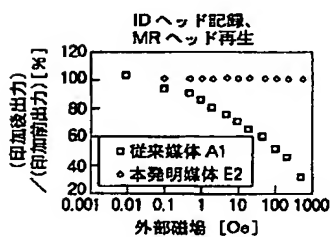
【図 14】



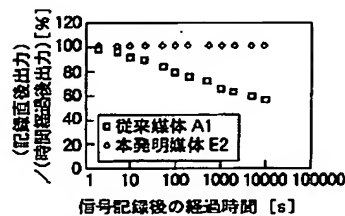
【図 15】



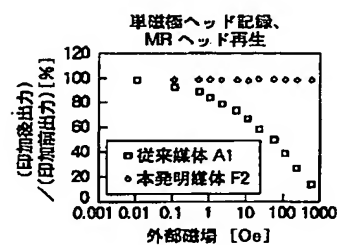
【図 16】



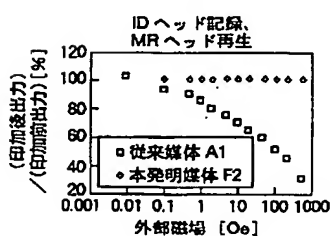
【図 17】



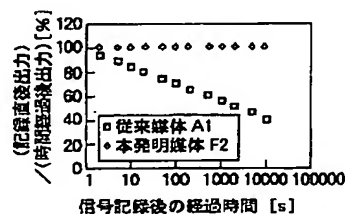
【図 18】



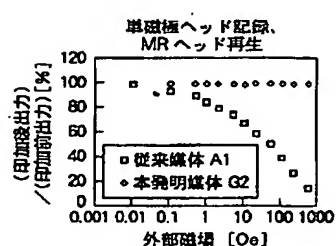
【図 19】



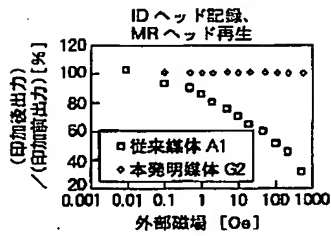
【図 20】



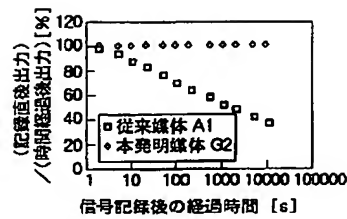
【図 21】



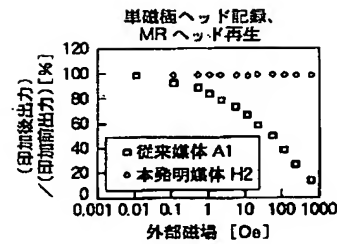
【図 2 2】



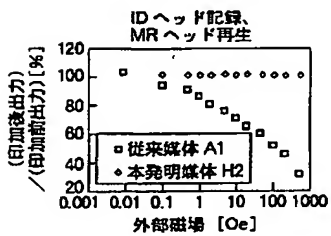
【図 2 3】



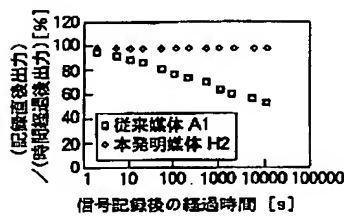
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 2 6】



【図 2 7】

Co65Cr35 膜厚 [nm]	0	0	20	50	100	120
Ra [nm]	5.1	0.52	0.49	0.60	0.55	4.5

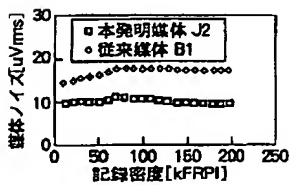
【図 2 8】

Co65Cr35 膜厚 [nm]	0	10	20	50	100	120
Co78Cr19Ta3 膜の $\Delta\theta 50$ [°]	8.7	1.5	1.9	2.1	1.5	5.8

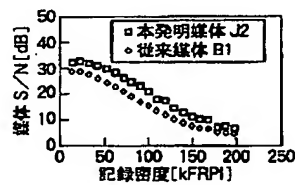
【図 2 9】

Co65Cr35 膜厚 [nm]	0	0	20	50	100	120
角形比	0.61	0.96	0.96	0.99	0.98	0.65

【図 3 0】



【図 3 1】



【図 3 2】

Ti 膜厚 [nm]	0	10	20	50	100	120
Ra [nm]	8.5	0.55	0.48	0.58	0.52	5.3

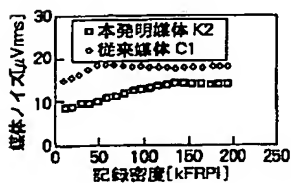
【図 3 3】

Ti 膜厚 [nm]	0	10	20	50	100	120
Co78Cr19Ta3 膜の $\Delta\theta 50$ [°]	10.2	2.2	2.2	1.6	2.1	8.8

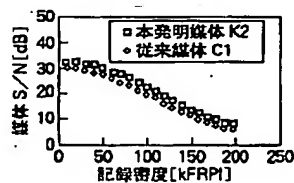
【図 3 4】

Ti 膜厚 [nm]	0	10	20	50	100	120
角形比	0.65	0.95	0.95	0.96	0.95	0.67

【図 3 5】



【図 3 6】



【図 3 7】

Cr20Ti80 膜厚 [nm]	0	10	20	50	100	120
Ra [nm]	4.9	0.52	0.47	0.56	0.52	3.9

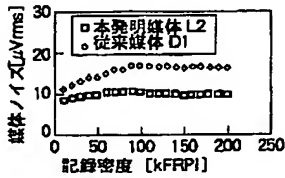
【図38】

Cr ₂₀ Ti ₈₀ 膜厚 [nm]	0	10	20	50	100	120
Co ₁₆ Cr ₁₉ Ta ₆₅ 膜 の $\Delta\theta$ 50[°]	8.5	1.2	1.8	1.7	1.5	6.8

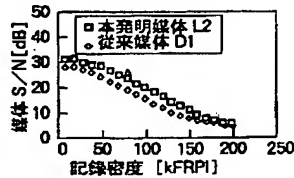
【図39】

Cr ₂₀ Ti ₈₀ 膜厚 [nm]	0	10	20	50	100	120
角形比	0.59	0.97	0.95	0.95	0.95	0.62

【図40】



【図41】

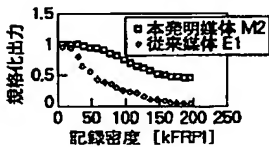


【図42】

Cr膜厚 [nm]	0	100	200	300	400	500
He[Oe]	0.1	200	280	350	410	500

【図47】

【図43】



【図44】

従来媒体 E1 の 400kFRPI での 媒体 S/N [dB]	29.7
本発明媒体 M2 の 400kFRPI での 媒体 S/N [dB]	32.2

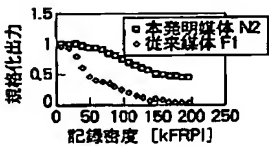
【図45】

V膜厚 [nm]	0	100	200	300	400	500
He[Oe]	0.1	220	310	360	420	510

従来媒体 F1 の 400kFRPI での 媒体 S/N [dB]	28.6
本発明媒体 N2 の 400kFRPI での 媒体 S/N [dB]	31.9

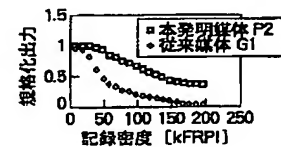
【図49】

【図46】



【図48】

Cu膜厚 [nm]	0	100	200	300	400	500
He[Oe]	0.1	190	310	340	450	500

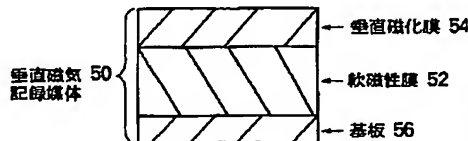


【図51】

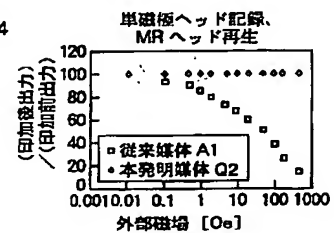
【図52】

【図50】

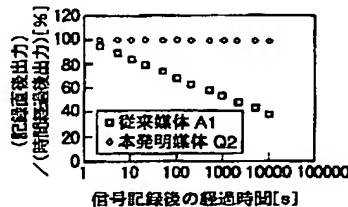
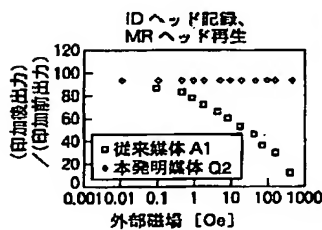
従来媒体 G1 の 400kFRPI での 媒体 S/N [dB]	29.5
本発明媒体 F2 の 400kFRPI での 媒体 S/N [dB]	31.9



【図54】



【図53】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.